

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

D 6041 2225



REC'D 01 DEC 2004

WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 10 2004 018 191.8

Anmeldetag: 08. April 2004

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, 70469 Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Ansteuern eines zweistufigen Schalt-
ventils

Priorität: 26. November 2003 DE 103 55 849.7

IPC: B 60 T 8/36

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. Mai 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wallner

FEST AVAILABLE COPY

5 17.03.2004

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Verfahren zum Ansteuern eines zweistufigen Schaltventils

10

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines zweistufigen Schaltventils gemäß dem Oberbegriff des 15 Patentanspruchs 1.

Moderne Fahrzeuge mit Fahrdynamikregelungssystemen, wie z.B. ESP (elektronisches Stabilitätsprogramm) oder ASR (Antriebsschlupfregelung), umfassen speziell angepasste 20 Bremssysteme. Derartige Bremssysteme haben in der Regel mehrere Ventile, mit denen zwischen einem Fuß-Bremsbetrieb und einem automatischen Bremsbetrieb umgeschaltet werden kann.

25 Fig. 1 zeigt ein aus dem Stand der Technik bekanntes hydraulisches Bremssystem 14, das zur Durchführung einer Fahrdynamikregelung eingerichtet ist. Das Bremssystem 17 umfasst zwei Bremskreise 19a,19b in X- oder ||-Aufteilung, die symmetrisch ausgebildet sind. Im Folgenden wird daher nur auf den in der Fig. links dargestellten Teil 19a Bezug genommen.

Das Bremssystem umfasst ein Fuß-Bremspedal 1, einen Bremskraftverstärker 2 mit einem daran angeschlossenen 35 Hauptbremszylinder 4, auf dem ein Bremsflüssigkeitsbehälter 3 angeordnet ist. Bei einer Betätigung des Fuß-Bremspedals 1 wird in den Hauptbremsleitungen 5a,5b ein entsprechender Druck erzeugt, der über ein Umschaltventil 8a und die beiden Einlassventile 10a,10b auf die Bremsbacken 11 der Räder 12 wirkt. Der Pfad, in dem sich bei Betätigung des Fuß- 40 Bremspedals 1 Druck aufbaut, ist durch Pfeile b

5 gekennzeichnet. Ein Hochdruckschaltventil 7a ist in diesem Zustand geschlossen.

Bei einem Eingriff der Fahrdynamikregelung wird der Bremsdruck automatisch aufgebaut und auf vorgegebene Räder 12 verteilt. Das Bremssystem 17 umfasst zu diesem Zweck eine 10 Hydraulikpumpe 9a, die von einem Steuergerät (nicht gezeigt) angesteuert wird. Bei einer Regelung ist das Umschaltventil 8a geschlossen und das Hochdruckschaltventil 7a meist 15 geöffnet. Die Hydraulikpumpe 9a fördert das Hydraulikfluid dann entlang der Pfade a zu den Bremsbacken 11. Das Hydraulikfluid strömt somit aus dem Bremsflüssigkeitsbehälter 3, durch die Hauptbremsleitung 5a, das Hochdruckschaltventil 7a, eine Ansaugleitung 6a, durch die Hydraulikpumpe 9a und weiter durch die Einlassventile 10a, 10b zu den Bremsbacken 20 11. Die Modulation des Bremsdrucks erfolgt mittels der Einlassventile 10a, 10b und der Auslassventile 13a, 13b, wobei kurzzeitige Druckspitzen in einen Ausgleichsbehälter 14a gepuffert werden.

25 Um ein Überlaufen des Ausgleichsbehälters 14a zu vermeiden, pumpt die Hydraulikpumpe 9a die überschüssige Bremsflüssigkeit regelmäßig zurück in Richtung des Bremsflüssigkeitsbehälters 3. Hierzu wird das Hochdruckschaltventil 7a geschlossen. Während der Rückförderung von Bremsflüssigkeit kann die Ansaugleitung 6a der Pumpe 9a evakuiert werden. Öffnet sich in diesem Zustand die Hauptstufe des Hochdruckschaltventils 7a wieder, fließt die Bremsflüssigkeit schlagartig in den evakuierten Raum der Ansaugleitung 6a. Dieser Vorgang erzeugt insbesondere bei einem Vordruck im 35 Bereich von ca. 10bar - 40bar ein sehr lautes, den Fahrer irritierendes Geräusch (den sogenannten Druckausgleichsschlag) und eine deutliche Bremspedalbewegung.

40 Das Hochdruckschaltventil 7a ist üblicherweise zweistufig, mit einer Vor- und einer Hauptstufe, ausgeführt, um auch bei hohen Differenzdrücken das Öffnen des Ventils 7 zu

5 ermöglichen. Der am Schaltventil 7a anliegende Differenzdruck hat eine schließende Wirkung auf das Ventil. Durch Öffnen der Vorstufe baut sich der Differenzdruck leicht ab, so dass die Hauptstufe mit geringerem Energieaufwand geöffnet werden kann.

10

Das Hochdruckschaltventil 7a wird üblicherweise mit einem pulsweitenmodulierten Spannungssignal (PWM-Signal) angesteuert. Um insbesondere bei hohen Differenzdrücken ein sicheres Öffnen des Ventils 7a zu gewährleisten, wird das 15 Ventil 7a zu Beginn der Ansteuerung für eine Zeitdauer von ca. 20ms mit einem PWM-Signal von 100% angesteuert. Fig. 2a zeigt den Verlauf des PWM-Steuersignals bei der bisherigen Ansteuerung. Anschließend wird das PWM-Signal 20 aus Gründen der thermischen Belastbarkeit des Ventils 7a druckabhängig 20 z.B. auf 60% verringert (siehe Abschnitt 23 des Steuersignals 20). Diese Art der Ansteuerung führt in vielen Fällen zu einem sofortigen Öffnen der Hauptstufe des Schaltventils 7 und damit zu dem erwähnten Druckausgleichsschlag.

25 Fig. 2b zeigt den Verlauf des durch eine Spule des Ventils fließenden Stroms. Der Stromeinbruch 24 kennzeichnet dabei das Öffnen der Vorstufe des Ventils. Die Hauptstufe öffnet unmittelbar anschließend, wodurch es zum Druckausgleichsschlag kommt.

35 Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein zweistufiges Schaltventil derart zu öffnen, dass ein Druckausgleichsschlag nicht oder nur noch in geringem Ausmaß auftritt.

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

40

5 Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht darin, das
zweistufige Schaltventil derart anzusteuern, dass sich in
einer ersten Phase nur die Vorstufe des Ventils öffnet und
die Hauptstufe des Ventils erst nach einer vorgegebenen Zeit
aufgeht, wenn bereits ein gewisser Druckausgleich am Ventil
10 stattgefunden hat. Um dies zu erreichen, wird das
Schaltventil erfindungsgemäß in der ersten Phase mit einem
Steuersignal mit kleinem Pegel angesteuert, durch das sich
zunächst nur die Vorstufe des Ventils öffnet. Erst nach einer
vorgegebenen Zeit wird das Schaltventil dann mit einem
15 größeren Steuersignal angesteuert, um sicherzustellen, dass
sich das Ventil in jedem Fall vollständig (d.h. auch die
Hauptstufe) öffnet. Durch die zweistufige Ansteuerung wird
das Öffnen der Hauptstufe verzögert, so dass sich der
Druckausgleichsschlag deutlich verringert.

20 Der Signalpegel während der ersten Ansteuerphase ist
vorzugsweise derart gewählt, dass das Öffnen der Hauptstufe
des Schaltventils um wenigstens 10ms, vorzugsweise um
wenigstens 30ms verzögert wird. Dadurch kann ein
25 Druckausgleich am Ventil stattfinden, der den
Druckausgleichsschlag mindert.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird
das mehrstufige Ansteuerverfahren nur innerhalb eines
vorgegebenen Druckbereichs zwischen z.B. 10 und 30 bar und
insbesondere zwischen 5 und 35 bar durchgeführt. Oberhalb von
30 bis 40 bar ist es aus technischen Gründen normalerweise
nicht möglich, die Hauptstufe des Schaltventils auch bei
maximaler Ansteuerung sofort zu öffnen. Unterhalb von 5 bis
35 10 bar ist die Geräuschentwicklung und Pedalrückwirkung des
Druckausgleichsschlages ohnehin sehr gering. Der am
Schaltventil herrschende Druck kann z.B. mittels eines
Vordrucksensors gemessen oder geschätzt werden.

40 Das Öffnungsverhalten des Ventils ist in der Regel stark
spannungs- und temperaturabhängig. Das Ansteuersignal für das

5 Ventil wird daher vorzugsweise spannungs- und/oder temperaturkompensiert. Die am Ventil tatsächlich anliegende Spannung kann z.B. gemessen und die Spulentermperatur geschätzt werden.

10 Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein aus dem Stand der Technik bekanntes hydraulisches Bremssystem;

15

Fig. 2a den Verlauf eines Ansteuersignals für ein Hochdruckschaltventil gemäß dem Stand der Technik;

20

Fig. 2b den zugehörigen Stromverlauf in der Spule des Hochdruckschaltventils;

Fig. 3a den Verlauf des Ansteuersignals gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

25

Fig. 3b den zugehörigen Stromverlauf in der Spule des Hochdruckschaltventils;

Fig. 4 den Stromverlauf zum Öffnen der Vor- und Hauptstufe des Ventils in Abhängigkeit vom Druck; und

Fig. 5 ein Flußdiagramm der wesentlichen Verfahrensschritte eines Verfahrens zum Ansteuern eines Hochdruckschaltventils.

Bezüglich der Erläuterung der Fig. 1 bis 2b wird auf die 35 Beschreibungseinleitung verwiesen.

Fig. 3a zeigt den Verlauf eines PWM-Steuersignals, mit dem das zweistufige Schaltventil 7a bzw. 7b angesteuert wird, wodurch sich zunächst die Vorstufe des Ventils und erst 40 anschließend, nach einer vorgegebenen Verzögerungszeit, die Hauptstufe öffnet. Das Ventil 7a bzw. 7b wird zunächst mit

5 einem PWM-Signal von z.B. 60% angesteuert und dieser Pegel
für eine Zeitdauer von etwa 50ms beibehalten.

Fig. 3b zeigt den zugehörigen Stromverlauf durch die Spule
des Ventils 7a bzw. 7b. Nach dem Zeitpunkt $t=0$ steigt der
10 Strom zunächst bis auf einen ersten Pegel an, auf dessen
Niveau er während der ersten Phase A bleibt. Ein erster
Stromeinbruch 24 nach etwa 5ms zeigt das Öffnen der Vorstufe
an. Durch den nun stattfindenden Druckausgleich reduziert
sich die auf das Ventil wirkende Schließkraft, so dass auch
15 die Hauptstufe des Ventils 7a bzw. 7b nach etwa 40s
selbsttätig öffnet. Das Öffnen der Hauptstufe ist am zweiten
Stromeinbruch 25 erkennbar. Nach z.B. 50ms wird der PWM-Pegel
auf 100% erhöht (siehe Abschnitt 21 des Signals), um in jedem
Fall sicherzustellen, dass das Ventil 7a,7b auch tatsächlich
20 voll öffnet. Der Signalpegel wird nach etwa 20ms auf ein
niedrigeres Niveau 23 zurückgefahren, um eine Überhitzung des
Ventils zu vermeiden.

Der hohe Signalpegel 21 könnte wahlweise auch bereits vor dem
25 selbsttätigen Öffnen der Hauptstufe angelegt werden, um ein
vorzeitiges Öffnen der Hauptstufe des Ventils 7a,7b zu
erzwingen und das Öffnen des Ventils 7a,7b zu beschleunigen.
Der entsprechende Signalverlauf ist durch gestrichelte Linien
26 bzw. 27 dargestellt. Der Zeitpunkt des Öffnens der
Hauptstufe sollte vorzugsweise wenigstens 10ms bis 20ms nach
dem Öffnen der Vorstufe liegen, um zumindest einen geringen
zwischenzeitlichen Druckausgleich am Ventil 7a,7b zu
ermöglichen.

35 Fig. 4 zeigt den Strom des Ventils 7a,7b, der in Abhängigkeit
vom Vordruck zum Öffnen der Vor- oder Hauptstufe erforderlich
ist. Dabei kennzeichnet die Linie 30 den Mindeststrom zum
Öffnen der Vorstufe und die Linie 31 den Mindeststrom zum
Öffnen der Hauptstufe des Ventils 7a bzw. 7b. Wie zu erkennen
40 ist, nimmt der erforderliche Mindeststrom mit zunehmendem
Vordruck zu, da der Druck eine schließende Wirkung auf das

5 Ventil hat. Der schraffierte Bereich 32 kennzeichnet den Strombereich, in dem nur die Vorstufe des Ventils 7a,7b geöffnet wird und der folglich für die Ansteuerphase A gewählt werden kann.

10 Fig. 5 zeigt die wesentlichen Verfahrensschritte eines Verfahrens zum Ansteuern eines zweistufigen Hochdruckschaltventils 7a,7b. Der entsprechende Algorithmus kann z.B. in einem Steuergerät (nicht gezeigt) hinterlegt sein. In einem ersten Schritt 40 wird zunächst geprüft, ob

15 der am Ventil 7a bzw. 7b anstehende Vordruck innerhalb eines vorgegebenen Bereichs, z.B. zwischen 5 und 35 bar, liegt. Der Vordruck wird hierzu mittels des Vordrucksensor 29 (siehe Fig. 1) gemessen und mit vorgegebenen Schwellenwerten SW1,SW2 verglichen. Falls der Vordruck p_{vor} innerhalb des vorgegebenen

20 Druckbereichs liegt (Fall J), wird in Schritt 41 die aktuelle Ventilspulenteeratur T geschätzt (die Temperatur könnte auch gemessen werden). In Schritt 42 wird das Ventil 7a bzw.

25 7b dann mit einem spannungs- und temperaturkompensierten Steuersignal 20 für eine vorgegebene Zeitdauer angesteuert, wobei das Steuersignal derart bemessen ist, dass die Vorstufe des Ventils 7a bzw. 7b öffnet, die Hauptstufe jedoch noch eine vorgegebene Zeit von wenigstens 20ms geschlossen bleibt. In Schritt 43 wird das Steuersignal dann erhöht, um in jedem Fall zu gewährleisten, dass das Ventil vollständig öffnet.

Durch die vorstehend beschriebene Ansteuerung des Hochdruckschaltventils 7a,7b kann ein Druckausgleichsschlag stark vermindert werden.

5 17.03.2004

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Bezugszeichenliste

10

1	Fuß-Bremspedal
2	Bremskraftverstärker
3	Bremsflüssigkeitsbehälter
15 4	Hauptbremszylinder
5a, 5b	Hauptbremsleitungen
6a, 6b	Ansaugleitung
7a, 7b	Hochdruckschaltventil
8a, 8b	Umschaltventil
20 9a, 9b	Hydraulikpumpe
10a-10d	Einschaltventile
11	Bremsbacken
12	Räder
13a-13d	Auslassventile
25 14a, 14b	Ausgleichsbehälter
15a, 15b	Rückschlagventile
16	Motor
17	Bremssystem
18	Vordrucksensor
19a, b	Bremskreise
20	PWM-Signal
21	hoher Signalpegel
22	niedriger Signalpegel
23	niedriger Signalpegel
35 24	öffnen der Vorstufe
25	öffnen der Hauptstufe
26	vorzeitiges öffnen der Hauptstufe
27	niedriger Signalpegel
30	Mindeststrom zum Öffnen der Vorstufe
40 31	Mindeststrom zum Öffnen der Hauptstufe
32	Zwischenstrombereich

5 40-43 Verfahrensschritte
A erste Phase
B zweite Phase
Pvor Vordruck

10

5 17.03.2004

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Patentansprüche

10

1. Verfahren zum Ansteuern eines zweistufigen Schaltventils (7) mit einer ersten Stufe mit kleinerem Durchflussquerschnitt und einer zweiten Stufe mit größerem Durchflussquerschnitt, das in einem hydraulischen Bremssystem (17) zwischen einem Hauptbremszylinder (4) und einer Hydraulikpumpe (9) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltventil (7) in einer ersten Phase (A) mit einem Steuersignal (20) mit kleiner Amplitude (22) angesteuert wird, um zuerst ausschließlich die Vorstufe des Schaltventils (7) für eine vorgegebene Zeitdauer zu öffnen, und in einer zweiten Phase (B) mit einem Steuersignal (20) mit größerer Amplitude (21) angesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuersignal (20) temperatur- und spannungskompensiert ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der am Schaltventil (7) vorherrschende Differenzdruck ermittelt und das mehrphasige Ansteuerverfahren nur in einem vorgegebenen Druckbereich durchgeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckbereich zwischen wenigstens 10 bar und 30 bar und insbesondere zwischen 5 bar und 35 bar liegt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, das Steuersignal (20) in der ersten Phase (A) derart bemessen ist, dass die erste Stufe des Schaltventils (7) für wenigstens 10ms, vorzugsweise wenigstens 30ms, offen ist, bevor sich die zweite Stufe öffnet.

5

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Phase (B) frühestens 30ms nach Beginn der ersten Phase (A) einsetzt.

10

5 17.03.2004

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Verfahren zum Ansteuern eines zweistufigen Schaltventils

10

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines zweistufigen Schaltventils (7a, 7b) mit einer ersten Stufe mit kleinem Durchflussquerschnitt und einer zweiten Stufe mit größerem Durchflussquerschnitt, das in einem hydraulischen Bremssystem (17) zwischen einem Hauptbremszylinder (4) und einer Hydraulikpumpe (9) angeordnet ist. Der Druckausgleichsschlag beim Öffnen des Schaltventils (7) kann wesentlich verringert werden, wenn das Schaltventil (7) in einer ersten Steuerphase (A) mit einem Steuersignal (20) mit kleiner Amplitude (22) angesteuert wird, durch das sich zunächst nur die Vorstufe des Ventils (7) öffnet, und das Ventil (7) in einer zweiten Phase (B) mit einem Steuersignal (20) mit größerer Amplitude angesteuert wird.

20
25
Fig. 3a

1 / 3

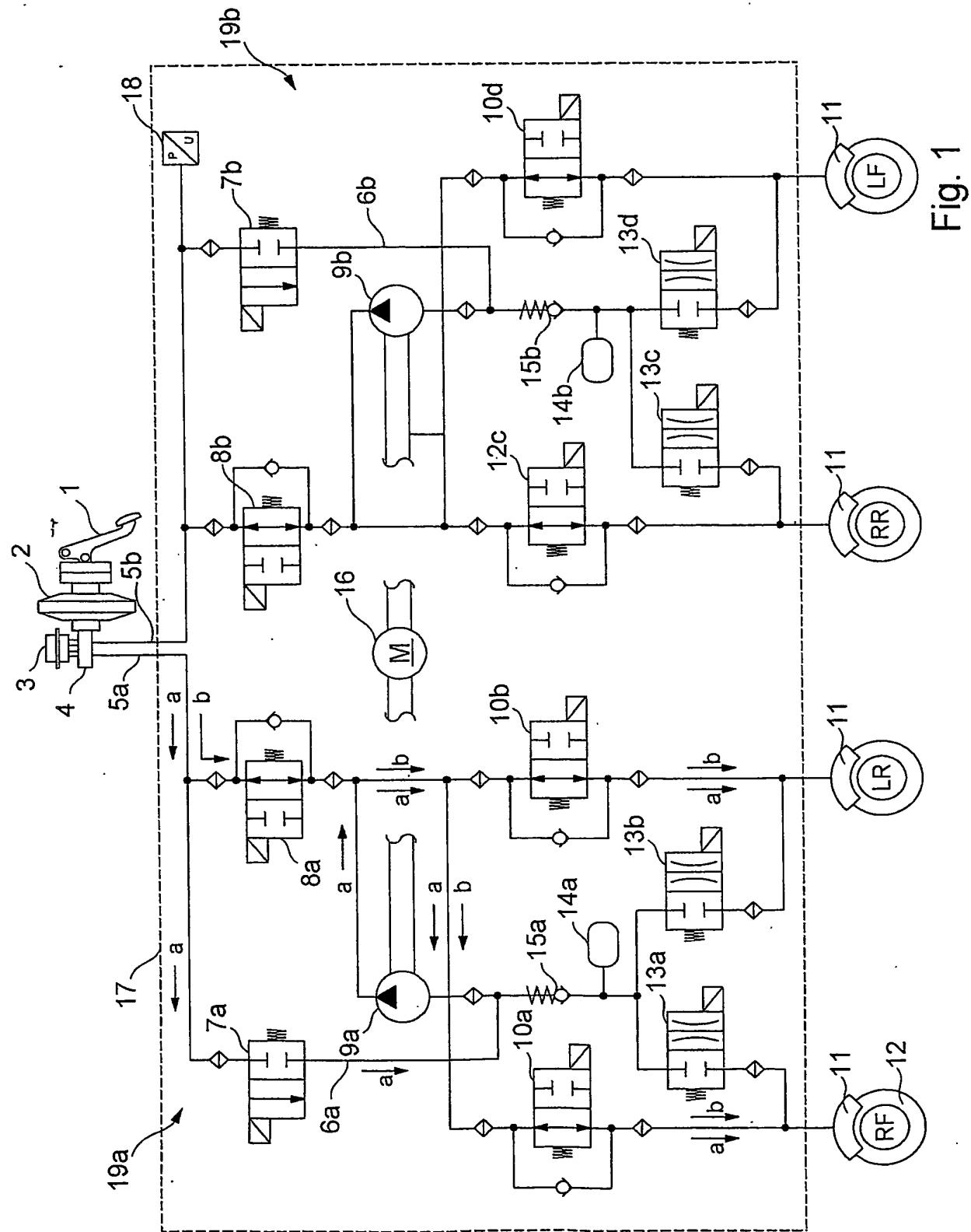
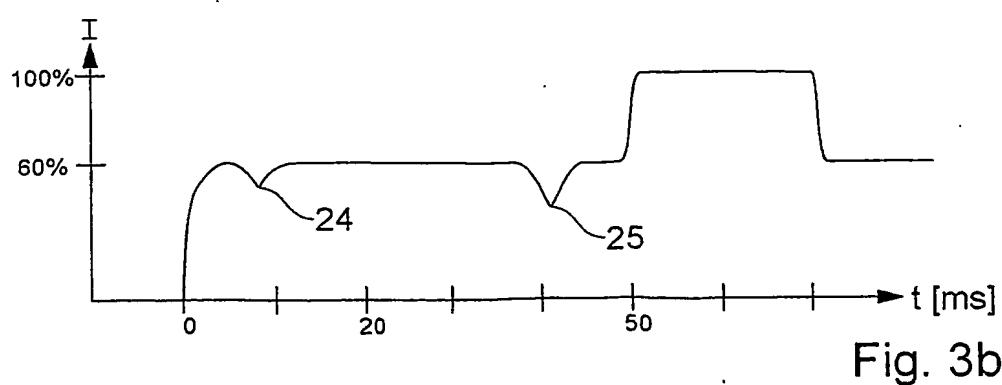
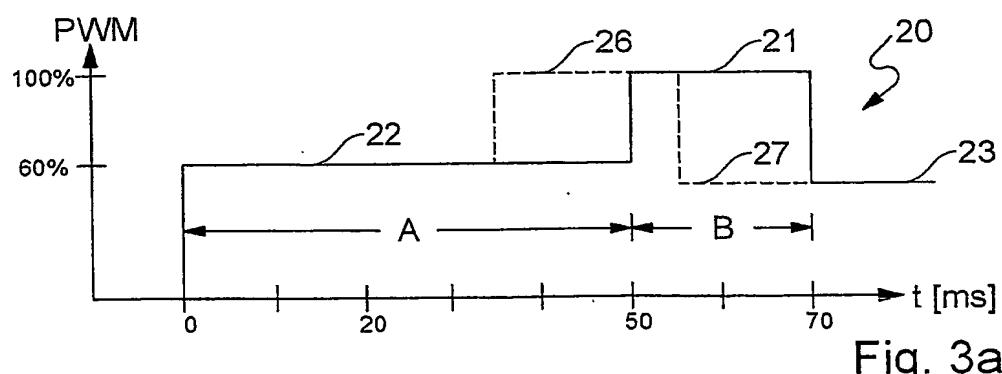
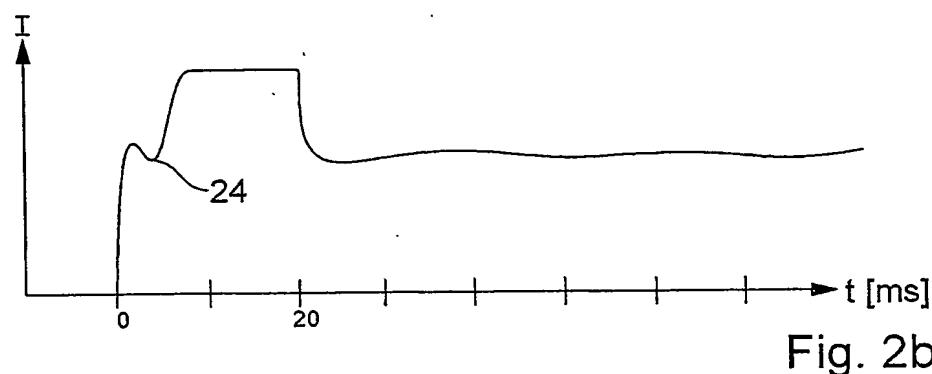
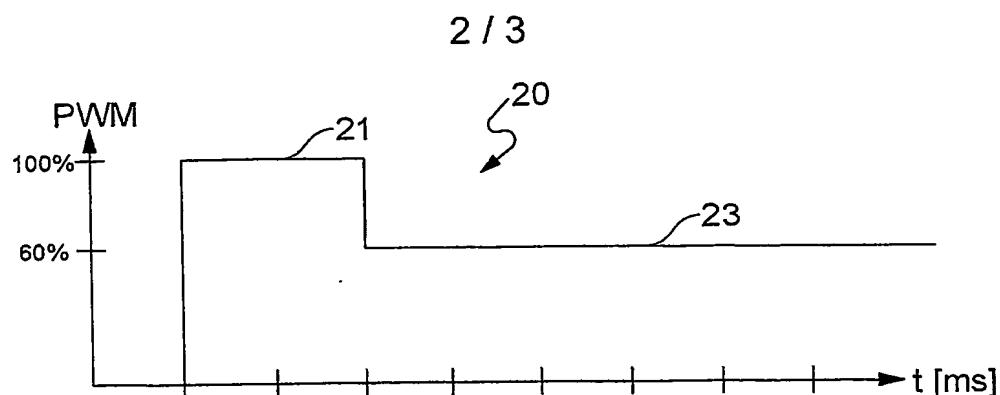


Fig. 1



3 / 3

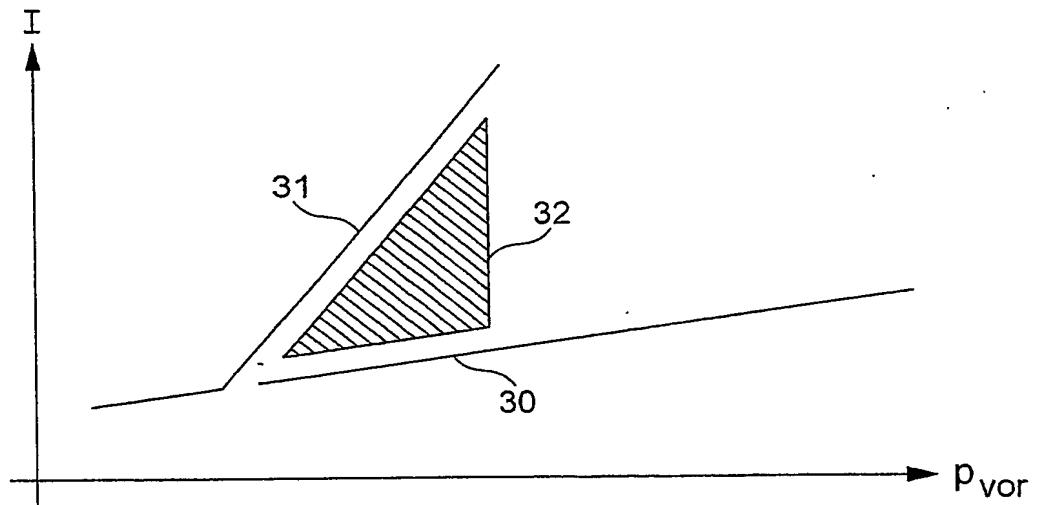


Fig. 4

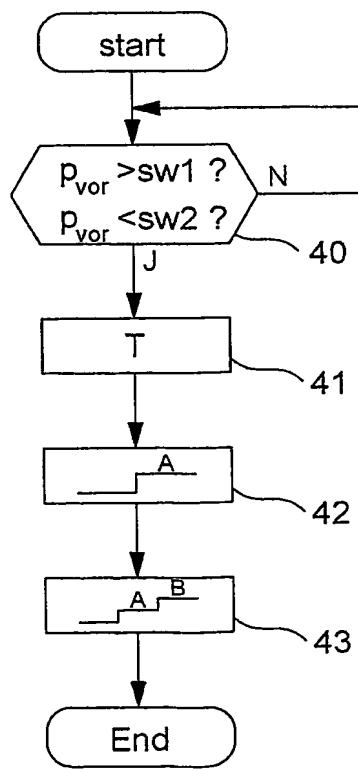


Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.